

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKA – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

**Sledování koncentrace železa ve studních v obci Horní Lhota -
lokalita Zátíší**

**Monitoring of the concentration of iron in wells in the village
Horní Lhota – locality Zátíší**

bakalářská práce

Autor:

Michal Šarlák

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Michal Šarlák**
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 2102R006 Technologie a hospodaření s vodou
Téma: Sledování koncentrace železa ve studních v obci Horní Lhota - lokalita Zátíší
Monitoring of the Concentration of Iron in Wells in the Village Horní Lhota - Locality Zátíší

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Problematika zvýšené koncentrace železa v podzemních vodách
3. Popis sledované lokality - lokalita Zátíší, obec Horní Lhota
4. Odběry a analýza vzorků vod z vytípaných studní ve sledované lokalitě s ohledem na koncentraci železa
5. Vyhodnocení výsledků
6. Diskuse a závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

PITTER, P.: Hydrochemie, 4.vydání VŠCHT Praha, 2007.
MALÝ, J., MALÁ, J.: Chemie a technologie vody, NOEL 2000 s.r.o., 1996.
ŽÁČEK, L.: Chemické a technologické procesy úpravy vod. 1. vyd. Brno: NOEL 2000, 1999.
ŽÁČEK, L.: Technologie úpravy vody. 1. vyd. Brno: VUTUM, 1998.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2012

Datum odevzdání: 30.04.2013

prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
vedoucí institutu



prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne

.....
Michal Šarlák

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Silvie Heviánkové, Ph.D. za ochotu a trpělivost při vypracování bakalářské práce, dále bych se rád poděkoval rodině, přátelům a blízkým za jejich podporu při psání této práce.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou železa v podzemních vodách. V práci se zkoumají studny, které jsou jediným zdrojem pitné vody v lokalitě Zátíší nacházející se v obci Horní Lhota. V první části práce je popsána charakteristika zájmového území. Druhá část práce se týká podzemní vody a procesů v horninovém prostředí, které mají vliv na její vlastnosti a kvalitu. Dále se zde hovoří o objektech, které se používají pro jímání podzemní vody. V další části je popsána přítomnost železa v podzemní vodě, jeho problematika, stanovení železa ve vodě a odstraňování v domácnosti. Poslední část práce se zabývá metodikou odběru vzorků a jejich vyhodnocením.

Klíčová slova: železo, koncentrace, podzemní voda, studna

ABSTRACT

This bachelor's thesis is focused on problem of iron in groundwater. Main focus is on water wells, which are the only one source of drinking water in Zátíší part of village Horní Lhota. In the first part of the work is described characteristic of the area. Second part concerns to groundwater and processes, which have influence on attributes and quality of it. Also it is written here about things, which are used for collecting of groundwater. In the next part is described presence of iron in groundwater, problem of iron, estimating of iron in water and its removing in households. The last part of work is focused on methods of taking of samples and its scoring.

Key words: iron, concentration ,goundwater, well

OBSAH

Úvod.....	1
1. Charakteristika území	2
1.1. Geomorfologické, hydrologické a klimatické poměry.....	3
1.2. Geologické poměry	3
1.3. Hydrogeologické poměry	4
1.4. Pedologické poměry	5
2. Podzemní voda.....	6
2.1. Charakteristika	6
2.2. Propustnost horninového prostředí	6
2.2.1. Voda průlinová	6
2.2.2. Voda puklinová.....	7
2.3. Vlastnosti podzemních vod	8
2.4. Kvalita podzemních vod	8
2.5. Jímání podzemních vod.....	9
2.5.3. Studny vrtané	9
2.5.4. Studny kopané.....	10
3. Železo v podzemní vodě.....	12
3.1. Geneze železa.....	12
3.2. Výskyt železa ve vodách	12
3.3. Vlastnosti a význam	16
3.4. Vliv železa na lidský organizmus	17
3.5. Stanovení železa.....	18
3.5.1. Fotometrické stanovení železa.....	18
3.5.2. Elektrochemické stanovení železa	19
3.5.3. Chelatometrické stanovení železa.....	20

3.6. Odstranění železa v domácnosti	20
4. Metodika odběrů vzorků	21
4.1. Odběr a analýza vzorků	21
4.2. Účel vzorkování u podzemních vod	22
4.3. Hydrogeologické podmínky pro odběr vzorků	23
4.4. Odběr podzemní vody	23
5. Vyhodnocení vzorků vod ze studní v dané lokalitě	25
5.1. Odběr analýza vody ze studní	26
5.2. Celkové zhodnocení studní v dané lokalitě	35
Závěr	38
Seznam použité literatury	39
Seznam obrázků	42
Seznam tabulek	43

SEZNAM POUŽITÝCH SKRATEK

ČSN	Československá (Česká) státní norma
DN	jmenovitý vnitřní průměr potrubí (Diametre Nominal)
Fe	železo
MH	mezní hodnota
pH	vodíkový exponent
PVC	polyvinylchlorid

ÚVOD

Cílem bakalářské práce bylo sledování koncentrace železa ve studních v obci Horní Lhota, v lokalitě Zátíší.

První kapitola práce se zaměřuje na základní charakteristiky zájmového území. Dané území se zde popisuje z hlediska geomorfologických, hydrologických, klimatických, geologických, hydrogeologických a pedologických poměrů. Druhá kapitola se věnuje charakteristice podzemní vody, jejího vzniku, rozdělení podle propustnosti horninového prostředí, zachytávání, kvalitě a její fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Třetí kapitola shrnuje poznatky o železe, jeho původu a jeho výskytu ve vodě. Dále se zde objasňuje pozitivní a negativní vliv železa na lidský organismus a technická zařízení, jakož i možnosti odstranění jeho nadměrného výskytu domácí úpravnou vod. Ve čtvrté kapitole se popisuje metodika odběru vzorků. Poslední část práce je věnována vlastnímu výzkumu v dané lokalitě. Je zde obsažen souhrn dat o odběrech a analýze podzemních vod ze studní.

Hlavní metoda práce spočívá v cíleném odběru a následné analýze in-situ vybraných studní.

Hlavním cílem bylo změřit hodnoty koncentrace železa. Daná lokalita je specifická tím, že nemá vodovodní řád, což znamená, že její obyvatelé a majitelé nemovitostí jsou odkázáni na vlastní zdroj vody. Proto je velmi důležité, aby soukromé studny splňovali požadavky stanovené pro pitnou vodu. Výskyt železa je u toho jedním z důležitých faktorů.

V závěru práce se vyhodnocují všechny shromážděné výsledky měření.

1. CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

Obec Horní Lhota je samostatnou správní jednotkou s obecním úřadem a vlastním obecním zastupitelstvem. Patří do Moravskoslezského kraje.

Obec se nachází přibližně 10 km od Ostravy - Poruby, západním směrem. Směrem na severovýchod od obce se nachází Velká Polom, severně leží Háj ve Slezsku, severozápadně obec Hrabyně a jihozápadně obec Kyjovice. Obec Horní Lhota se rozkládá v pohoří Nízký Jeseník v oblasti Vítkovská pahorkatina. V okolí obce se rozprostírají rozlehlé lesy. Jižním směrem od obce se nachází oblast přírodního parku Oderské vrchy a směrem na západ se rozprostírá přírodní park Moravice. Na okraji obce směrem na západ se zvedá vrchol Úhorky s nadmořskou výškou 404 m n. m. a na severozápadním úbočí tohoto vrcholku se nachází malá sjezdová trať s lyžařským vlekem "Vaňkův kopec".

Na jižním a západním okraji katastrálního území obce leží rozsáhlá rekreační zástavba - lokalita Zátíší. Tuto rekreační oblast využívají hlavně obyvatelé Ostravy a značný počet obyvatel se zde stahuje natrvalo. Dostupnost MHD v lokalitě Zátíší je konečná zastávka tramvajové linky vedoucí z Ostravy - Poruby. [1]



Obr. 1 Poloha sledované lokality – Zátíší [2]

1.1. Geomorfologické, hydrologické a klimatické poměry

Regionální geomorfologická rajonizace reliéfu zahrnuje zájmovou lokalitu do provincie Česká vysočina, soustavy Krkonošsko-jesenická subprovincie, podsoustavy Jesenická oblast, celku Nízký Jeseník, podcelku Vítkovská vrchovina a okrsku Děhylovská pahorkatina. [3]

V zájmové lokalitě tvoří v širším okolí prvky pahorkatého, místy horského, ale i rovinatého reliéfu o střední nadmořské výšce 380 m n. m. Okrajové části jsou prořezány předkvaterními hlubokými erozními údolími. Akumulační a modelační činnost variského vrásnění a následující denudace erozní činnosti mnoha faktorů daly základní rysy povrchovým tvarům. [3]

Z klimatického hlediska patří posuzovaná lokalita do klimatického okrsku MT 10, s dlouhým teplým a mírně suchým létem, s krátkým přechodným obdobím s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem a mírně teplou, velmi suchou a krátkou zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky. Průměrná teplota v lednu je -2 až -3 °C, v červenci dosahuje průměrná teplota hodnoty 17 až 18 °C. Dlouhodobý průměrný srážkový úhrn ve vegetačním období se pohybuje kolem 400 až 450 mm a trvá v této klimatické oblasti 100 až 120 dní. [4]

Hydrologicky je zájmová lokalita umístěna v povodí Mešnice (číslo hydrologického pořadí 2-01-01-158) o ploše 11,811 km². Mešnice tvoří levostranný přítok říčky Porubky a ta levostranný přítok řeky Odry. [5]

1.2. Geologické poměry

Území a okolí patří do skupiny typu reliéfu erozně denundačního, vyvinutého na variských vrásovo-zlomových strukturách. Reliéf řešeného území je členitý.

Údolí vodních toků jsou většinou užší a hluboké (Studnice, větší část Porubka) a mají směr severozápad - severovýchod. Tento směr je nejvýraznějším strukturním prvkem, který probíhá koso a kolmo na směr vrstevnatosti spodnokarbonských souvrství.

Celé území geologicky patří k rozsáhlému variskému horstvu, které bylo zvrásněno v období mladších prvohor (v karbonu a permu). Východně od Hrubého Jeseníku se v tehdejší době rozkládalo moře, v němž se usadily spodní vrstvy kulmské, tvořily převážnou

část Nízkého Jeseníku. Po zvrásnění Nízkého Jeseníku se ve vývojovém cyklu uplatnily eroze a denudace, kterými se zarovnal celé pohoří v parovinu.

Pro toto území jsou typické spodní karbonského (kulmské) vrstvy Nízkého Jeseníku. Ve východní části geomorfologického celku Nízký Jeseník jsou spodní karbonské horniny zastoupeny kyjovickými vrstvami; tyto vrstvy jsou tvořeny rytmickým střídáním drob, jílovitých břidlic a prachovců. Jednotlivé členy rytmů mají mocnosti pohybující se řádově od centimetrů do metrů. V řešeném území jsou převládající souvrství jílovitých břidlic s prachovcem nad drobou. Vrstevnatost u těchto litologických jednotek je zřetelná, tenká a hrubě deskovitá. Zbytky fosilních rostlin se vyskytují v těchto horninách jen zřídka. [1]

1.3. Hydrogeologické poměry

Širší okolí zájmové lokality spadá podle hydrogeologického rajónování do skupiny rajónů 66 sedimenty moravskoslezského devonu a spodního karbonu, rajónu 661 Kulm Nízkého Jeseníku a subrajónu 661-3 Povodí Odry. Spodnokarbonské horniny moravskoslezského kulmu jsou prostoupené hustou sítí puklin. Oběh podzemních vod je vázán na zónu zvětrávání a pásmo podpovrchového rozpojení hornin, které zasahuje do prvních desítek metrů a podél poruchových pásem o šířce několik desítek metrů i hlouběji. Vydutnosti pramenů vázaných na tento oběh podzemních vod jsou vesměs nízké, silně kolísající a v suchém období často zanikají. Lokálně se vyskytující sprašové hlíny jsou z hydrogeologického hlediska polarizátorem, který zabraňuje infiltrovaným srážkám k jejich rychlému prostupu k hladině podzemní vody. Hladina podzemní vody je volná, případně může být napjatá. Generelní směr proudění podzemní vody ve skalnatém podloží závisí na sklonu ploch vrstevnatosti a puklinatosti, který má JZ směr. Směr proudění podzemní vody mělkého zvodnění (hlinitokamenitá deluvia a eluvia) je závislý úklonu terénu, čili k JV.

Koeficient filtrace puklinové kolektoru Hradecko-kyjovického souvrství se pohybuje v rozmezí řádově $K = n \cdot 10^{-6}$ až $n \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, což znamená pro dané geologické prostředí podle Jetela (1973) slabou až velmi slabou propustnost - VI. A VII. třída. V kolektoru rozvolnění přípovrchové zóny s částečnou pórovitou propustností je koeficient filtrace o řadu vyšší $K = n \cdot 10^{-5}$ až $n \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (hodně slabá propustnost - V. třída, Jetel 1973). Transmisivita je nízká až velmi nízká se zvýšenou variabilitou a její průměrná hodnota leží v intervalu $T = n \cdot 10^{-6}$ až $n \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Základní chemický typ podzemních vod tohoto rajónu je Ca-Mg-HCO₃ s mineralizací 0,3 až 1,0 g.l⁻¹. [6]

1.4. Pedologické poměry

V řešeném území převládá půdní typ kambizem typická - varieta kyselá. V jižní části katastrálního území v údolí Porubka se vyskytuje glej typický. V severní části katastrálního území obce Horní Lhota je místně pseudoglej primární.

Půdotvorný substrát (tam, kde se vyskytuje) z hlediska zrnitosti se řadí mezi střední půdy. [1]

2. PODZEMNÍ VODA

„Podzemními vodami jsou vody přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami; za podzemní vody se považují též vody protékající podzemními drenážními systémy a vody ve studních“. [7]

2.1. Charakteristika

Podzemní voda je součást celkového oběhu vody na Zemi. Na rozdíl od povrchové vody jako jsou vodní toky a nádrže je podzemní voda většinou skryta pod zemským povrchem a oproti povrchové vodě je méně viditelná. Povrchové projevy podzemní vody jsou obvykle prameny, a to jak u vod prostých, tak v některých územích u vod minerálních. Podzemní voda oproti vodě povrchové je obvykle méně zranitelná vůči znečištění a pro své především stálější vlastnosti se více hodí k využívání jako vody pitné. Významné procento podzemní vody pro zásobování obyvatelstva veřejnými vodovody dosahuje v Česku až 47%, zbytek se zásobuje vodou "povrchovou", ačkoli mnohokrát ji dotváří významný podíl vody podzemní. V posledních letech množství takto využívané podzemní vody roste. [8]

2.2. Propustnost horninového prostředí

Propustnost horninového prostředí závisí od geologické struktury podloží. Rozlišujeme horniny s přímou a nepřímou propustností. Pro přímou propustnost jsou charakteristické zrnité, sedimentární horniny (zrnitost 0,1 mm až několik cm) a voda jimi procházející se nazývá průlinová.

Pro nepřímou propustnost jsou charakteristické především horniny vyvřelé, kompaktní horniny s minimální průlinatostí, mluvíme o vodě puklinové a krasové. [9]

2.2.1. Voda průlinová

Průlinová podzemní voda je taková voda, která proudí pod zemským povrchem v průlinách nesoudržných, nezpevněných hornin (píščito-štěrkové zeminy), s omezenou vydatností i v průlinách soudržných nezpevněných hornin (jílovito-hlinité zeminy).

Vysokou průlinovou propustnost mají nesoudržné nezpevněné horniny, zejména štěrkopísky, štěrky ale i eluvia (zvětralinový plášť žulových hornin), a pokud mají stálou dotaci vody, vyhloubené jímací objekty (studny) mají stále a velké vydatnosti. Stálou dotací vody se rozumí například přímá hydraulická spojitost podzemní vody s povrchovou vodou v řece u štěrkopískových teras a údolních niv velkých řek. V těchto oblastech bývá podzemní voda velmi těsně pod povrchem (řádově pouze v několika metrech), mluvíme tu o mělké podzemní vodě. Jímací objekty (studny), kterými odebíráme podzemní vodu bývají obvykle hluboké v rozmezí 5 - 12 m, výjimečně bývají hlouběji.

Průlinová propustnost u soudržných, nezpevněných hornin (hlinito-jílovité zeminy, jílovité zeminy, zvětralinové pláště území budovaných metamorfovaných horninami - ruly atd.) je silně omezena charakteristikou hornin. Jímací objekty (studny), které zde jsou vyhloubeny mají vydatnost nízkou až velmi nízkou. [10]

2.2.2. Voda puklinová

Podzemní voda puklinová se přenáší výhradně jen po puklinách zpevněných hornin na rozdíl od vody průlinové, která proudí pouze v průlinách. Množství podzemní vody obíhající po puklinách je závislé na mnoha faktorech, zejména na intenzitě a velikosti rozpukaných pevných hornin, na charakteru puklin, tj. zda jsou otevřené, uzavřené nebo utěsněny jiným horninovým materiálem atd.

Vydatnosti jímacích objektů, které jsou vyhloubeny v těchto horninách jsou z výše zmíněných vlastností rozdílné. Pohybují se rychlostí od tisícín litrů za sekundu až po jednotky litrů za sekundu. Z praxe jsou známy nejlepší podmínky pro oběh podzemní vody po puklinách v žulových oblastech, pukliny tu bývají otevřené a nejsou druhotně utěsněny zvětralinovým materiálem, protože má ryze pískový charakter. Horší podmínky pro oběh podzemní vody po puklinách se nacházejí v území slínovců a podobných křídových sedimentů, ale i zde nacházíme studny se značnou vydatností. Nejnepříznivější podmínky jsou v územích budovaných rulami. Mívají sepnuté pukliny a jsou druhotně utěsněny zvětralinovým materiálem, převážně z jílovitým charakterem. [10]

2.3. Vlastnosti podzemních vod

Při zkoumání kvality podzemních vod je třeba určit její fyzikální, chemické a mikrobiologické vlastnosti.

Při posuzování vhodnosti podzemních vod se sleduje barva, zákal, pach a chuť. Takto se zjišťuje, zda je daná podzemní voda vhodná k pití, nebo se zjišťuje její možná kontaminace.

Mezi fyzikální vlastnosti patří například teplota, hustota, povrchové napětí, absorpance při zvolené vlnové délce, barva, zákal, chuť, radioaktivita, oxidačně-redukční potenciál a elektrolytická vodivost (konduktivita). Fyzikální vlastnosti velmi souvisí s chemickými vlastnostmi.

Chemické vlastnosti jsou výsledkem interakce mezi vodou, horninou a atmosférou. Pomocí rovnovážných konstant je možné zjistit, které chemické reakce mohou ve vodě probíhat a jejichž průběh možný není. Výsledné složení vody závisí na druhu a množství rozpuštěných látek a je určeno chemickou rovnováhou a kinetickými faktory. [8]

2.4. Kvalita podzemních vod

Kvalita podzemních vod závisí především na geochemických procesech probíhajících v poměrně dlouhém časovém horizontu. Nekontaminované podzemní vody obsahují velmi mále množství organických látek, na druhé straně poměrně větší množství solí, se kterými přijde do kontaktu s geologickým podložím. Organické látky nacházející se v povrchových vodách jsou zdrojem vod podzemních, a při průchodu půdním a horninovým prostředím se za účasti mikroorganismů mineralizují. V tomto procesu podléhají proměně i některé látky anorganické, např. amoniak je oxidován na dusičnany. Jiné látky mohou být zachyceny v půdním sorpčním komplexu, např. fosforečnany, těžké kovy aj. Podzemní vody jsou bezkyslíkaté, v některých případech se zvýšenými koncentracemi volné kyseliny uhličitě, železa a manganu. Takové vody při použití k pitným účelem musí být odstraněny. [8]

2.5. Jímání podzemních vod

Zásadně rozlišujeme zachytávání mělké podzemní vody, jímání pramenů a jímání hluboké podzemní vody. Mělkou podzemní vodu zachycujeme většinou v štěrkopískových sedimentech čtvrtohorních zvětralin a pokryvech. K jímání podzemní vody v takovém území využíváme horizontální jímací objekty (zářezy, štolý) a vertikální jímací objekty (vrtané a kopané studny). K jímání různých typů pramenů jsou vhodné proměnné jímky, zemní nádrže a pod. Podzemní vodu jímáme výhradně vrtanými studnami. [10]

Studny pro individuální zásobování vodou, pokud nejsou zdrojem vody pro veřejný vodovod, se navrhuje, zřizují a provozují podle ČSN 75 5115 "*Studny individuálního zásobování vodou*". [9]

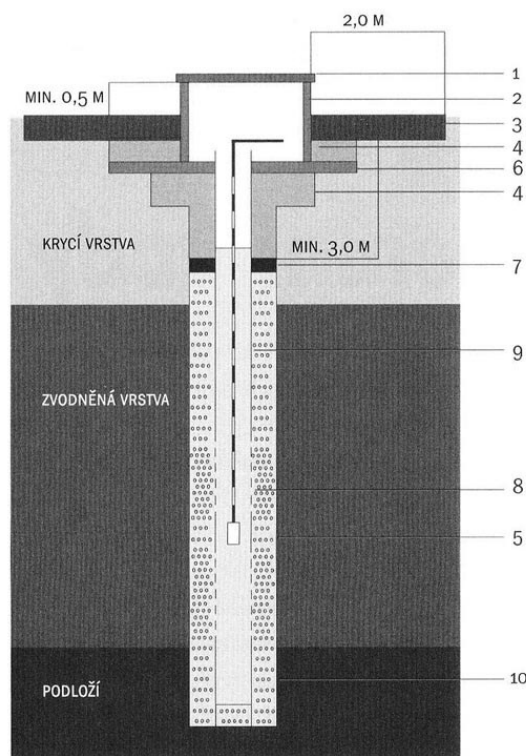
V této kapitole se dále budeme zabývat studnami vrtanými a kopanými, protože jsou ve většině případů využívány pro individuální zásobování.

2.5.3. Studny vrtané

Vrtané studny představují nejběžnější způsob jímání podzemní vody pro zásobování vodou. Vrtání studní se realizuje několika způsoby - nárazem, rotačně, jaderně a rotačním příklepem. U domovních studní se nejčastěji používá rotačně příklepový systém. [10]

Tyto studny můžeme označovat i jako trubkové nebo trubní. Trubkové studny se realizují v průměrech 100 až 250 mm až do hloubky 100 m podle druhu podloží ve kterém se studna buduje, a technického vybavení výrobce. Trubní studny se realizují v průměru cca od 250 do 1000 mm, a budují se v jakékoli únosné hloubce. Budují se za předpokladu zvýšené potřeby vody. [11]

Nejdůležitější část studny je její aktivní část, která zajišťuje trvalý přítok podzemní vody do studny s co nejmenšími tlakovými ztrátami a má zabránit vnikání jemných zrn z okolního prostředí hornin do studny. [9]



Obr. 2 Studna vrtaná [12]

Přídory vrtané studny a její popis:

1 - Krycí deska, 2 - Betonové skruže na cementovou maltu, 3 - Dlažba na cementovou maltu, 4 - Jílové nebo cementové těsnění, 5 - Obsyp, 6 - Betonová deska, 7 - Zásyp z písku, 8 - Perforovaná zárubnice, 9 - Plná zárubnice, 10 – Kalník [12]

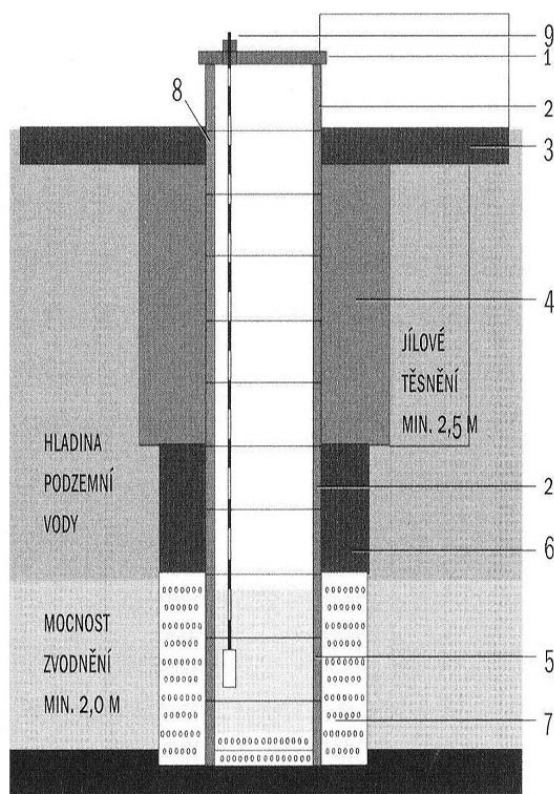
2.5.4. Studny kopané

Studna kopaná (šachtová) je dalším typem vertikálního jímání. Charakteristický pro ni je velký akumulační prostor. Využívá se pro jednotlivé spotřebitele, kde je nerovnoměrný odběr vody a pro odběry nevelkých množství vody. [9]

Kopané studny se realizují hlavně v soudržných zeminách, mohou být i částečně nesoudržné, dále v rozpukaných skalních horninách, a ve většině případů v prostředí méně výdajném. Z pravidla se nehloubí více než 15 m, v dnešní době je praktičtější a levnější realizovat vrtanou studnu. Pokud se kopané studny nachází v dobře propustném podloží, nebývají příliš zahloubeny pod úroveň hladiny podzemní vody. Voda do akumulačního prostoru studny přitéká jejím dnem.

Realizace kopané studny se v dnešní době provádí použitím betonových skruží, které se vyrábějí v různých průměrech od 0,5 do 3,0 m. Pro zásobování v domácnosti se nejvíce používají průměry 1 a 1,5 m.

Kopané studny se v dnešní době nedoporučuje budovat a to z několika důvodů. Podpovrchové vody v České republice jsou dnes vody natolik zatížené, i když se v poslední době značně zlepšily, tak jen velmi zřídka by vyhovovaly pro zásobování pitnou vodou, protože jejich úprava by mohla být vysoce nákladná. Pro úspěšné zachytávání kvalitní podzemní vody kopané studny jen zřídka dosahují potřebné hloubky. Často pro jejich plytkost využívají těsně podpovrchovou vodu, jejíž ochranu a jakost jde velmi obtížné zajistit. Častokrát bývá v kopaných studních velmi malý sloupec vody, jehož hladina kolísá v průběhu roku a v delších časových obdobích. Hrozí nebezpečí nedostatku vody ve studni. [10]



Obr. 3 Studna kopaná [12]

Půdorys kopané studny a její popis:

1 - Krycí deska, 2 - Betonové skruže na cementovou maltu, 3 - Dlažba na cementovou maltu, 4 - Jílové nebo cementové těsnění, 5 - Betonové skruže kladené na sucho, 6 - Hlinitý dusaný zásyp, 7 - Obsyp, 8 - Těsnící zálivka, 9 - Vodotěsné osazení stojanového čerpadla [12]

3. ŽELEZO V PODZEMNÍ VODĚ

3.1. Geneze železa

Železo je na zemském povrchu čtvrtým nejrozšířenějším prvkem (6,2%) po kyslíku (45,5%), křemíku (27,2%) a hliníku (8,3%). Kromě vzácné vyskytujícího se tzv. meteorického železa se v přírodním prostředí železo vyskytuje v podobě sloučenin. V horninách zemské kůry se železo nejvíce vyskytuje v podobě oxidů a uhličitů. [13]

Nejrozšířenější rudy železa jsou pyrit (FeS_2), lepidokrokit (krevel, Fe_2O_3), magnetovec (Fe_3O_4), limonit ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) a siderit (FeCO_3). Železo je obsaženo v malém množství v řadě přírodních hlinitokřemičů. [14]

V zemské kůře bylo rozdělení železa značnou měrou ovlivněno atmosférickým zvětráváním. Ke vzniku síranu železnatého (FeSO_4) a hydrogenuhličitanu železnatého ($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$) vedlo vyluhováním sulfidových a silikátových usazenin. Tyto zmíněné železnaté soli se ve vodném roztoku rychle oxidují a jsou-li v trochu zásaditém prostředí, vylučuje se v podstatě hnědočervený oxid železitý. Reakcí uhličitanu železnatého s oxidem uhličitým rozpuštěným ve vodě vzniká hydrogenuhličitan železnatý, který se nachází v podzemních vodách. [13]

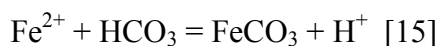
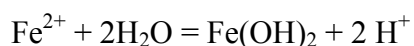
3.2. Výskyt železa ve vodách

V podzemních vodách neobsahujících rozpuštěný kyslík se železo obvykle vyskytuje v rozpuštěné redukované formě jako jednoduchý hydratovaný kation Fe^{2+} , v koncentracích v závislosti od geologického složení zeminy. Koncentrace železa v podzemních vodách se obvykle vyskytuje do 5 mg.l⁻¹, v některých případech může být koncentrace železa až do 20 mg.l⁻¹. [9], [15], [14]

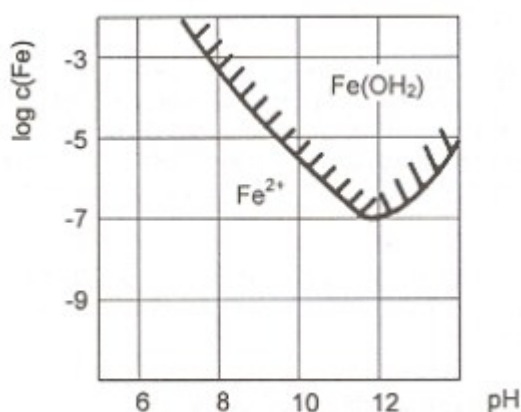
Formy výskytu železa ve vodách závisí především na hodnotě pH, oxidačně-redukčním potenciálu a komplexotvorných látkách přítomných ve vodě. Výskyt železa ve vodách je v oxidačním stupni II nebo III. Analyticky odlišujeme celkové železo, rozpuštěné železo, nerozpuštěné železo a železo organicky vázané. [14]

Mezi málo rozpustné sloučeniny patří hydroxid železnatý $\text{Fe}(\text{OH})_2$ a uhličitan železnatý FeCO_3 .

Tyto sloučeniny vznikají reakcemi:

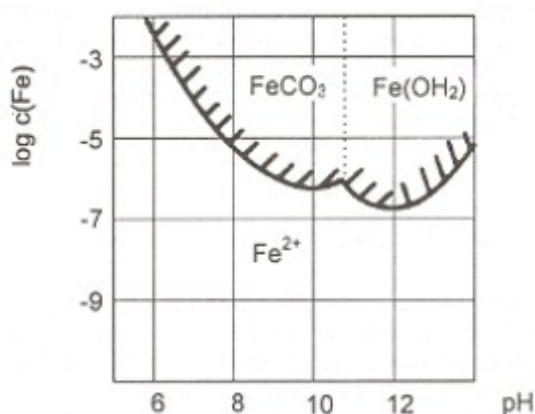


Rozpustnost železnaté sloučeniny závisí především na pH prostředí. Hydroxid železnatý se za tvorby hydrokomplexů částečně rozpouští, což má za následek vysoké pH v prostředí. V prostředí vysokého pH dochází k tvorbě hydrokomplexů, proto se koncentrace železa v roztoku s růstem hodnoty pH opět zvyšuje. Tuto závislost nám zobrazuje diagram rozpustnosti $\text{Fe}(\text{OH})_2$ na obr.4, který se odvozuje ze součinu rozpustnosti. [15]



Obr. 4 Diagram rozpustnosti $\text{Fe}(\text{OH})_2$ [15]

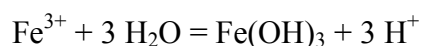
Přírodní vody obsahují většinou hydrogenuhličitany. Tím je existence rozpustné formy Fe^{II} omezena především rozpustností FeCO_3 (obr.5) a až v silné alkalické oblasti se uplatňuje srážení $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Rozpustnost Fe^{II} přibližně do hodnoty pH 10 až 11 se zmenšuje z rostoucí koncentrací sumou všech forem oxidu uhličitého $[c_{\text{T}}(\text{CO}_2)]$. Z průběhu na obr.5 vyplývá, že při pH obvyklém v přírodních vodách, tj. v rozmezí od 6,0 do 8,0, jsou koncentrace železnatých sloučenin v rozpuštěné formě, které se dají udržet v roztoku poměrně vysoké cca od 10^{-5} do $10^{-3} \text{ mol.l}^{-1}$, tj. od cca 0,5 do 50 $\text{mg.l}^{-1} \text{ Fe}$. [15]



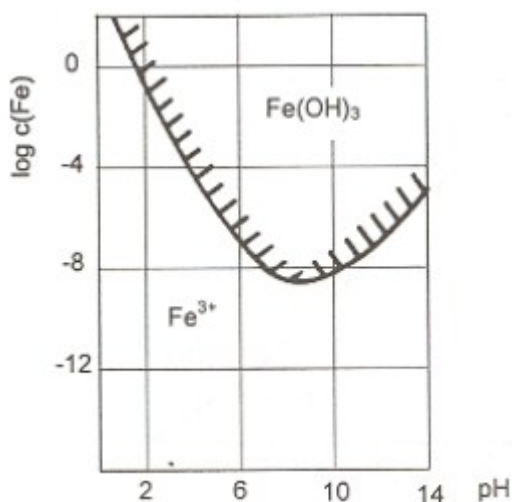
Obr. 5 Diagram rozpuštění systému $\text{Fe(II)} - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ [15]

Nejstabilnější forma železa v oxidačním stupni III se nachází ve vodách obsahujících rozpuštěný kyslík.

Hydroxid železitý vzniká hydrolyzou železité soli podle rovnice:



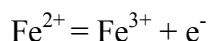
Sraženině hydroxidu železitého vystihuje vedle vzorce uvedeného v předešlé rovnici lepší výraz $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, kterým je vyjádřen nestechiometrický poměr mezi Fe_2O_3 a H_2O . Koncentrace Fe^{III} v roztoku je dána rozpustností hydroxidu železitého, a hodnotou pH. Tato závislost je určena na obr.6. Z diagramu vyplývá malá rozpustnost solí železa v prokysličené přírodní vodě o $\text{pH} > 6$. V této oblasti diagramu je koncentrace Fe^{III} v rozpuštěné formě řádově v $\mu\text{g.l}^{-1}$. [15]



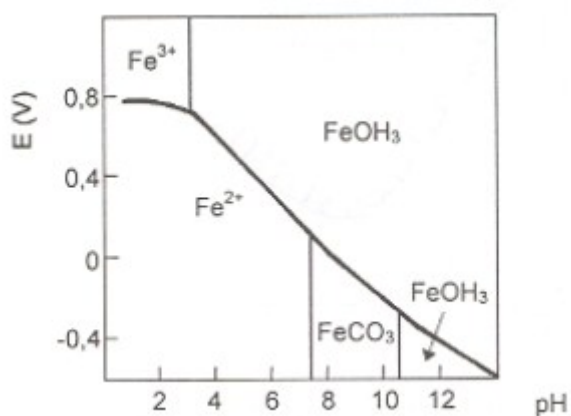
Obr. 6 Diagram rozpuštění Fe(OH)_3 [15]

Železo vedle jednoduchých sloučenin tvoří i komplexní. Například Fe^{III} v alkalickém prostředí tvoří s křemičitany komplexy ve složení $[\text{FeSi}(\text{OH})_3]^{2+}$ nebo $[\text{Fe}(\text{OH})_3.\text{O}.\text{Si}(\text{OH})_3]^-$. Ve vodě obsahující vyšší koncentrace kyseliny křemičité (15 až 20 mg.l^{-1} Si) se proto sráží $\text{Fe}(\text{OH})_3$ obtížně.

Železo se vyskytuje v přírodních vodách v oxidačním stupni II nebo III. Přechod mezi těmito formami je vyjádřen redoxní rovnicí příslušných iontů:

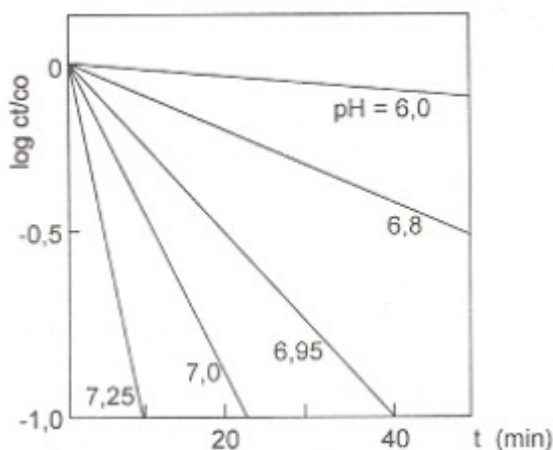


U železa v oxidačním stupni II může probíhat oxidace na železo v oxidačním stupni III. a opačně u Fe^{III} může probíhat redukce na Fe^{II} . Přítomnost oxidačních látek (schopných přijímat elektrony) nebo redukčních (schopných uvolňovat elektrony) rozhoduje o tom, kterým směrem bude děj probíhat. Měrnou veličinou této schopnosti látek je redox potenciál E a jeho jednotkou je Volt. Vztahy jednotlivých uvedených forem vyplývají z diagramu obr.7 znázorňujícího oblasti převažující existence formy železitých a železnatých sloučenin v roztoku, ve kterém jsou obsaženy i formy CO_2 . V uvedeném diagramu vyplývá i závislost pH pro průběh redoxních reakcí. Ze zvyšujícím pH v roztoku je oxidace Fe^{II} na Fe^{III} lehčí. [15]



Obr. 7 Diagram oblastí převažující existence forem železa v systémech $\text{Fe} - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ [15]

Časový průběh oxidace Fe^{2+} je v závislosti na hodnotě pH a parciálním tlaku kyslíku ve vzduchu. Rychlost oxidace se výrazně zvětšuje se zvyšující hodnotou pH. Časový průběh je znázorněn na obr.8. [14], [15]



Obr. 8 Časový průběh rychlosti oxidace Fe_{2+} vzdušným kyslíkem při různých hodnotách pH (za normálního tlaku vzduchu) [15]

Oxidační rychlost Fe^{II} je ovlivňována i složením vody. Oxidaci zpomalují například vysoké koncentrace Cl^- a SO_4^{2-} , na druhou stranu vysoké koncentrace HCO_3^- ji zrychlují. Látky tvořící ve vodě komplexní sloučeniny, například huminové kyseliny výrazně zpomalují oxidaci železa. [15]

3.3. Vlastnosti a význam

Koncentrace železa vyskytující se běžně v podzemních vodách prakticky nepůsobují žádné zabarvení surové vody. [9]

Podzemní vody často obsahují zvýšenou koncentraci železa. Vyšší koncentrace železa způsobují senzorické a technické závady. [16]

Postupnou oxidací se železo vylučuje ve formě suspenze $\text{Fe}(\text{OH})_3$ a způsobuje tak technické závady. [9], [15]

Materiál, s nímž přijde hydroxid železitý do styku (textil, papír, keramické materiály, potraviny), zabarvuje žlutě až hnědě. [14]

Tím železo způsobuje nežádoucí usazeniny na domácích spotřebičích, vylučuje se použití v textilním průmyslu, zpracování fotografického materiálu apod. [15]

K rychlé oxidaci dochází při zvýšeném pH a vyšší teploty v pračkách, což má za následek vznik rezavých skvrn na prádle. Na teplosměnných plochách (karmy, bojler) také vznikají inkrusty. [9]

Železo z hygienického hlediska negativně ovlivňuje organoleptické vlastnosti vody, barvu, chuť a zákal. Negativně mohou způsobovat zákal a ovlivňovat chuť vody již koncentrace železa asi nad $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$ ($8,954 \text{ } \mu\text{mol.l}^{-1}$). [14]

I nízké koncentrace Fe^{II} mohou být ve vodě příčinou nadměrného rozvoje železitých bakterií, které mají schopnost využívat uvolněnou energii při oxidaci Fe^{II} , a to za podmínek (pH), při nich oxidace kyslíkem neprobíhá nebo jen velmi pomalu. Rozvoj železitých bakterií, ve kterých se ukládá produkt oxidace, čili $\text{Fe}(\text{OH})_3$, zanášejí potrubí rozvodu vody, a odumíráne bakterie způsobují ve vodě pachové závady. [15]

Odhaduje se, že může být nakažených až 40% všech vodovodních potrubí. Toto číslo neustále narůstá. [17]

3.4. Vliv železa na lidský organizmus

Železo je základní složkou ve výživě člověka. Denní doporučená dávka je 10-50 mg/den. [18]

Železo formuje části molekul hemoglobinu, které se nacházejí v červených krvinkách. Kromě toho například asistuje enzymům při produkci žlučových kyselin. [19]

V přírodních vodách obsah železa běžně nepřekračuje nebezpečnou hranici. Někdy se ale stává, že se ve studnách vyskytuje zvýšený obsah železa. Dlouhodobým pitím z takové studny se člověk vystavuje různým zdravotním problémům. Jedná se o problémy trávicího traktu, kardiovaskulární a plicní problémy, poruchy nervového systému a nakonec různé problémy s kůží. [20]

Jmenovitě se jedná o poškození ledvin, slinivky břišní, srdce a jiných důležitých orgánů. [21]

Velké překročení podílu železa v těle může způsobit i smrt. [18]

3.5. Stanovení železa

Stanovení železa není až tak problematické. Obsah železa ve vodách je poměrně vysoký, a jeho různé analytické stanovování jsou dostatečně citlivé a jsou podkladem fotometrického stanovení. [22]

3.5.1. Fotometrické stanovení železa

Na fotometrické stanovení železa jsou vhodné reagenty 2,2'-dipyridyl, 1,10-fenantrolín, kyselina salicylová, SCN^- , kdežto první dva zmíněné reagenty vynikají nejvyšší citlivostí a používají se nejčastěji.

Na fotometrické stanovení si využívá vznik *červeného chelátu Fe(II) s 2,2'-dipyridylom*. Pokud se tímto činidlem má stanovit sumární obsah Fe(II) a Fe(III), musí se Fe(III) redukovat na Fe(II), nejčastěji s činidlem s $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$. Přibližně 1 cm^3 10% roztoku redukčního činidla se přidá na 50 cm^3 vzorky vody. Po redukci trvající 1 minutu se přidá 5 cm^3 20% octanu amonného a 5 cm^3 1% 2,2'-dipyridylu. Barevný produkt se fotometruje při 520 nm a koncentraci se vypočte z kalibrační křivky. Fe(II) analogicky stanovíme s 1,10-fenantrolínem.

Vyšší obsahy železa stanovíme využitím barevné reakce s *kyselinou sulfosalicylovou*. Pokud uskutečňujeme reakci v kyselém prostředí (přídavkem HCl, $\text{pH} = 2$), vyhodnocujeme červený komplex při vlnové délce 500 nm. V zásaditých vzorcích (přídavkem NH_4OH , $\text{pH} = 9$) se absorbance žlutého roztoku vyhodnocuje při 420 nm. Roztoky činidla 2 cm^3 20% se přidávají do 50 cm^3 vzorek vod. Stanovení železa atomovou absorpční spektrometrií

V současnosti se ve většině laboratorií stanovuje celkový obsah železa normovanou metodou AAS. Vzorky stabilizované v HCl se používají bez úprav. Pracuje se při tom s plamenovou atomizací (acetylén – vzduch, 248,3 nm). Touto technikou podle Priceho možno stanovit železo do koncentrace $0,02 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-1}$. Stanovovanou mez je možno snížit za pomoci extrakce Fe (III) s MIBK z roztoků s $\text{pH} = 1$ nebo za použití elektrotermická atomizace, kde mez stanovitelnosti je 10 pg. [22]

3.5.2. Elektrochemické stanovení železa

Na stanovení Fe(III) možno vykonat jednoduchou polarografickou metodu katodické redukce obou složek v prostředí směsného roztoku trietanolamínu ($c = 0,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) a KOH ($c = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$). Katodická vlna železa se nachází při $-0,1 \text{ V}$ vs SKE. Tento postup kromě své jednoduchosti použitím AC – polarografie i velmi citlivý. Podle zkušenosti v praxi je asi 5-krát citlivější než fotometrické stanovení v fenantrolínom.

Podle Neeba se doporučuje elektrochemická metoda ERA, kde se využívají tři způsoby koncentrování:

1. *depozici ve formě kovového filmu* ($\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$)
2. *anodické koncentrování ve formě filmu* $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ($\text{Fe}^{2+} - \text{e}^- \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$)
3. *katodické koncentrování ve formě filmu* $\text{Fe}(\text{OH})_2$

Vzhledem k tomu, že rozpustnost železa v rtuti je jen 10^{-17} hmotn. %, volí se raději grafitové a jiné tuhé elektrody.

Inverzní rozpouštěcí pík $\text{Fe}-\text{Fe}^{2+}$ je při 90 až -380 mV , kde měď nejvíc interferuje. Inverzní pík se po přidavku komplexotvorných látek (vínan, citran, salicylan) posouvá až k potenciálu $-0,9 \text{ V}$. Potenciál depozice tu je dost negativny. Fe proniká do vnitra Hg-elektrody a inverzi se kvantitativně nerozpouští. Pro tuhle reakci Brajnina doporučuje grafitovou elektrodu.

Peták a Vydra použili Hg-elektrodu na elektrochemické deponování $\text{Fe}(\text{OH})_3$ v prostředích s $\text{pH} = 8$, při potenciálu $-0,05 \text{ V}$. V tomto případě bylo inverzním krokem katodické rozpouštění $\text{Fe}(\text{OH})_3$ na Fe^{2+} při potenciálu $-0,6 \text{ V}$.

Třetí ze zmíněných depozicí použila Brajnina v prostředích přidáním KOH. Na elektrodě při potenciálu $-0,9 \text{ V}$ se hromadí $\text{Fe}(\text{OH})_2$, který se v inverzním kroku anodicky oxidauje.

V ostatních letech se objevují hlavně ve vědeckých člancích Electroanal. Chem. Interfacial Electrochem. stále častěji práce o stanovení nízkých obsahů kovů ve vodách za pomoci Adsorpční elektrochemické rozpouštěcí analýzy, která využívá další možnost depozice ($-0,3$ až $-0,5$ vs SKE), obvykle chelátů kovů. Tento způsob stanovení železa ve vodě navrhl Van der Berg.

Ve vzorkách z neutrálním prostředím možno stanovit simultánní Fe a Mn katodickou AC, resp. DP polarografiou ($-1,3$, resp. $-1,5\text{V}$). [22]

3.5.3. Chelatometrické stanovení železa

Pokud se ve vodách s vysokým obsahem železa, možno ho stanovit s odměrným roztokem chelatonu III koncentrovaného 0,02 až 0,05 mol.dm⁻³. Kyselina sulfosalicylová se používá jako indikátor.

Podle Příbyla se vykonává zpětná titrace v prostředí s pH = 5,0 až 5,5 urotropin. Přebytný chelaton se titruje z odměrným roztokem Pb(NO₃)₂, nebo Zn(NO₃)₂. [22]

3.6. Odstranění železa v domácnosti

Ve většině případů se železo ve vodě vyskytuje ve své rozpuštěné formě. Tehdy se volí oxidační způsoby jeho odstranění. Dále se může používat jednoduché provzdušňování vody, když se železo vysráží a tím odstraní. Železo se dá ještě zachytávat na vhodné filtrační náplni. [23]

Pro odstranění menšího obsahu železa je možné použít i pískové filtry. Pro odstranění dvojmocného rozpuštěného železa do 3 mg/l, je vhodné použít filtr například s materiálem Birma. Jeho výhoda je v tom, že se při odželezňování nespotřebovává. Do 6 mg/l fungují filtry s materiálem Greensand. Při tomto se ale spotřebovává manganistan draselný, který je třeba doplňovat. Nejúčinnější hmota na odstranění železa je Crystal-Right, která dokáže filtrovat vody s obsahem železa až do 15 mg/l. Zde je potřeba doplňovat pouze chlorid sodný. [24]

Celkově můžeme hovořit o několika metodách:

- Oxidace provzdušňováním
- Odstranění železa oxidačními činidly (O₂, Cl₂, O₃, KMnO₄)
- Odstranění železa alkalizací (přidáním vápna)
- Odstranění železa iontovou výměnou
- Odstranění železa použitím membránových procesů
- Odstranění železa pomocí biologické filtrace
- A další. [25]

4. METODIKA ODBĚRŮ VZORKŮ

Pro získání spolehlivých údajů o chemickém složení vody se považuje za základní předpoklad správně odebrat vzorky vody na chemickou analýzu. V hydrogeologické praxi jsou vzorky odebrány z podzemních vod a v případě potřeby i vzorky povrchových a srážkových vod. [26]

4.1. Odběr a analýza vzorků

Při odběru a analýze vzorků je potřebné:

- stanovit účel odběru vzorek,
- určit typ, přesnost a rozsah vykonaných analýz,
- určit charakter vyžadovaných vzorků (vzorky vody, plavoucích organismů, sedimentů, nárůstu, atp.)
- stanovit lokalitu, vzorkované objekty, příp. odběrné místa na lokalitě.

Lokalita – např. orientačně určení pozemku v katastrální mapě, běžného kilometru v podélném profilu vodního toku nebo nádrže, s označením nejbližší obce, nejbližšího říčního přítoku apod.

Objekt – konkrétní vrt nebo studna.

Místo odběru vzorku – přesné stanovené plošné nebo prostorové místo na odběr vzorku. U srážkových vod místo uložení a plocha vymezená plochou vzorkovače srážek, u povrchových a půdních vod vymezený bod souřadnicemi na mapě, případně hloubkou pod povrchem, u vod podzemních je to např. hloubka odběru, pod ústím objektu určeným nadmořskou výškou.

Je třeba:

- zjistit technické a přírodní podmínky v okolí zkoumaných lokalit a objektů,
- naplánovat optimální program o odběru vzorků,
- vybírat vhodnou měřicí a vzorkovací techniku,
- po odběru vzorků určit vhodné postupy a vybavení pro jejich manipulaci, hlavně na jejich transport do laboratoře a popřípadě na skladování,
- možnost zvážit uskutečnění a rychlé interpretace analýz vzorků na místě odběru a v laboratoři pro ověření jejich spolehlivosti, příp. reprodukovatelnosti a možných vlivů

na přesnost výsledků analýz,
- určit předpoklady na okamžité využití výsledků analýz nebo na jejich uložení jako prvotní informace k pozdějšímu využití i dlouhodobým (prognostickým) cílem a určení způsobu dokumentace vzorků. [26]

4.2. Účel vzorkování u podzemních vod

Cílem vzorkování u podzemních vod je posuzování a prognóza složení vody a jejího vztahu k přírodním a umělým faktorem (řešení otázek původu podzemních vod a cest i rychlosti jejich pohybu). Provádí se nejčastěji při hydrogeologickém a geochemickém mapování, při hydrodynamických zkouškách a při periodickém pozorování podzemních vod. Výsledky analýz slouží vodohospodářskému využití a ochraně podzemních vod před znečištěním, úložných odpadů, vyčerpáním, při těžbě minerálních vod i při využívání geotermální energie a pod. Informace o složení všech druhů přírodních vod jsou jedním ze základních podkladů pro řešení otázek péče o životní prostředí.

Údaje získané analýzou lze z hlediska požadavků rozdělit na rozsah a přesnost provedených analýz na údaje orientační, komplexní, podrobné a speciální.

Orientační údaje

Obsahují základní informace o vlastnostech přírodní vody např. stanovení základního chemického typu vody, přítomnosti či nepřítomnosti znečišťujících látek, rozpuštěných plynů, rozsah mikrobiologického oživení vody atd.

Komplexní údaje

Obsahují celkový přehled o vlastnostech a složení vody s přesností, která umožňuje sledovat vzájemné vztahy jednotlivých složek a způsobené změny v přírodních a umělých vlivů. Musejí být poskytnuté zcela spolehlivé, reprezentativní vzorky. Komplexní údaje jsou požadovány např. na určení jakosti vody, aby splnila podle souboru norem jakosti pitné vody ve vodárenství.

Podrobné údaje

Musí poskytovat co nejpřesnější informace o jednotlivých látek obsažených ve vodě. Třeba k tomu odebrat co nejspolehlivější vzorek a co nejpřesněji ho analyzovat.

Např. při stanovení jednotlivých specifikací ve směsi organických látek při kontaminaci vody stopovými koncentracemi ropných uhlovodíků nebo analýzy srážkových vod ke zjištění specifického zamoření atmosféry exhalacemi se kladou velké nároky na čistotu vzorkovnice vzorkovačů i na způsob transportu a skladování vzorků. Vzorky ovlivněné těmito vlivy musí být menší, než citlivost stanovení analytických metod.

Speciální údaje

Stanovují se pouze vybrané složky nebo vlastností zkoumané vody, kterou potřebujeme na daný účel. Můžeme stanovovat např. stopovací zkoušku k určení rychlosti proudění podzemní vody vyžadující stanovení obsahu stopovací látky ve vodě (např. NaCl) s přesností, která bude odpovídat minimálnímu obsahu této látky v neoznačené podzemní vodě nebo předpokládanému zředění počáteční koncentrace stopovací látky při průniku označené podzemní vody na sledovanou vzdálenost. [26]

4.3. Hydrogeologické podmínky pro odběr vzorků

Na technologie vzorkování mají vliv tyto významné faktory:

- charakteristika hydrogeologického objektu, ve kterém se uskutečňují vzorkování, určuje způsob přístupu ke vzorkované vodě, nebo může jít o objekty, z kterých podzemní voda odtéká, nebo o objekty, ve kterých je hladina podzemní vody přístupná,
- v místě odběru je fázový stav vody, závislý na teplotě, tlaku a obsahu plynů,
- stupeň dokonalosti komunikace mezi objektem a zvodnělou vrstvou, může ovlivnit reprezentativnost vzorků hlavně ve vrtech a studnách, kde se může podstatně lišit složení vody uvnitř objektu a v přilehlé části zvodněné horniny. [26]

4.4. Odběr podzemní vody

Aby odběr vzorků podzemních vod byl spolehlivý zpravidla se vyžaduje trvalý přítok nebo průtok vody v objektu. Z objektů, kde tato podmínka není splněná jsou jen výjimečně požadované vzorky, u nichž mají být odběrem vzorků prokázáno procesy podmíněné stagnace. Průzkumem na odběr podzemní vody bylo zjištěno, že asi 95% požadavků lze řešit povrchovým vzorkováním, většinou se jedná o přímé napouštění

vzorků do vzorkovnice. Malá část vyžaduje použití dalších zařízení na odběr. Přibližně 5% vzorků se musí odebrat hlubinným vzorkováním z určité hloubky, výjimečně se odebírají vzorky z několika hloubkových úrovní.

Před odběrem vzorku vody ze studní se voda nejprve odčerpává. Pokud je studna málo používaná, čerpá se alespoň 20 minut, dokud voda nevykazuje stálou teplotu. Dbá se při tom, aby odčerpaná voda nevsakovala spět, ale odtékala mimo obvod studny. Teprve pak se plní vzorkovnice. Výhodné pro odběr vzorek ze studny je při největší spotřebě a výměně vody za letního sucha. Jestliže byla studna dlouho nepoužívaná, vyčerpá se její obsah, nechá se naplnit znova a odebereme vzorek. [26]

Odběr podzemní vody dělíme na prostý (statický) a dynamický. Prosté odběry se odebírají nerezovým odběrným válcem. Dynamický odběr se rozumí odběr, při kterém se ze vzorkovaného vrtu nejprve část nebo celý obsah a vzorkuje se nově nateklá voda. [27]

Když chceme zabránit unikání plynů rozpuštěných v podzemní vodě, použijeme trychtýř a ponoříme do něj výtokovou rouru čerpadla. Před zavedením trychtýře dolů do vzorkovnice ho necháme naplnit čerpáním, potom ho zavedeme do vzorkovnice. Po naplnění vzorkovnice necháme chvíli vodu přetékat přes trychtýř.

Odběr vzorku z vrtů (sond) se provádí úzkým hloubkovým odběrovým přístrojem anebo čerpadlem. Vrty, v kterých vrchní otvor nebyl dobře uzavřen a voda v nich dlouho stála, v nich jsou vzorky nespolehlivé.

Hloubkové vzorkování se vykonává z těchto důvodů:

- hladina vody v objektu je snížena na úroveň, která neumožňuje přímé ponoření vzorkovnice rukou,
- obsah sledované složky jakož i celkové složení vody se při čerpání a povrchovým odběrem mění, dochází k uvolňování rozpuštěných plynů, ke kontaminaci složkami vzduchu (plyny, aerosoly, bakterie), k ochlazení vody čerpáním anebo k ohřevu motorem čerpadla, k porušení mnohobuněčných organismů apod.),
- výstroj objektu nám nezaručuje spolehlivý odběr vzorku čerpáním ve dvou a vícero otevřených zvodněných kolektorech, v poměru přítoku tak dochází k promísení vod apk.,
- orientační hloubkový vzorek je vyhovující pro daný účel analýz a povrchové vzorkování je neuskutečnitelné (objekt není vybavený čerpací technikou). [26]

5. VYHODNOCENÍ VZORKŮ VOD ZE STUDNÍ V DANÉ LOKALITĚ

V listopadu roku 2012 a březnu roku 2013 byly provedeny odběry podzemních vod ze studní v obci Horní Lhota – lokalita Zátíší. Celkem bylo odebraných 17 vzorků, z toho 7 z vrtaných a 10 z kopaných studní.

Na začátku před odběrem, pokud to bylo možné se hladinoměrem změřila hloubka jednotlivých objektů (studní). Dále byl proveden odběr vzorku přímo ze studny pomocí odběrného válce, nebo za pomoci čerpadla, které bylo součástí studně. Při odběru bylo potřebné zohlednit zda byl odběr před nebo za filtry. Všichni filtry byly určeny na odstranění mechanických nečistot z vody.

Po odběru vzorku byly změřeny fyzikálně-chemické parametry, kolorimetrickým testem MERCK Fe Microquant 1.14759.0001 (celková koncentrace železa), přístrojem HANNA HI991301 (pH, teplota, měrná vodivost) a přístrojem ORPTestr (redox-potenciál). Všechna měření byla provedená přímo na místě odběru (in-situ).

Kolorimetrický test MERCK Fe Microquant 1.14759.0001:

- metoda kolorimetrická s barevným diskovým komparátorem 0.1 - 0.2 - 0.3 - 0.5 - 0.8 - 1.2 - 2 - 3 - 5 mg / l Fe Microquant ®
- Test měří dvojmocné a trojmocné železo v rozpuštěné formě a také čerstvý koloidní hydroxid železitý v podzemní vodě, povrchové vodě, pitné vodě, průmyslové vodě a odpadní vodě.



Obr. 9 Kolorimetrický test Merck Fe microquant 1.14759.0001



Obr. 10 Odběr vzorku z kopané studny



Obr. 11 Analýza vzorků v teréne

5.1. Odběr analýza vody ze studní

Studna HG-1

Vrtaná studna s napjatou hladinou, hluboká 8 m. Studna je bez jímky pouze vystrojený vrt s čerpadlem, kolem záhlaví se vytvářely železitě usazeniny. Studna se využívá denně pro pitné a užitkové účely.

Vzorek z objektu HG-1 byl odebrán dně 4.11. 2012 v dopoledních hodinách přímo z vrtu čerpadlem bez filtrace. Následně byly na místě vyhodnoceny fyzikálně-chemické parametry vody. Byla zjištěná vyšší koncentrace železa než je dovolena MH podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. Všechny údaje jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tab. 1 Naměřené hodnoty studny HG-1

Označení studny	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} [mg.l ⁻¹]
		Před filtry	Za filtry						
HG-1	vrtaná	x		8	6,4	0,45	10,8	18	0,8

Objekt HG-2

Jedná se o hydrogeologický vrt, vystrojený potrubím z PVC, DN 125 mm, hloubka vrtu je 21 m, vzorek byl odebrán čerpadlem ESPA. Voda z vrtu se bude v budoucnu využívat pro pitné a užitkové účely

Vzorek z objektu HG-1 byl odebrán dně 28.3. 2013 v dopoledních hodinách přímo z vrtu čerpadlem. Následně byly na místě vyhodnoceny fyzikálně-chemické parametry vody. Redox-potenciál nebyl zjištěn z důvodu poruchy měřicího přístroje. Byla zjištěná vyšší koncentrace železa než je dovolena MH podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. Všechny údaje jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tab. 2 Naměřené hodnoty studny HG-2

Označení studny	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} [mg.l ⁻¹]
		Před filtry	Za filtry						
HG-2	vrtaná	x		21	6,86	0,41	9,4		0,8-1,2

Studna HG-3

Kopaná studna z betonových skruží hluboká 6 m. Studna se využívá v sezonním období zejména v letních měsících pro pitné a užitkové účely.

Vzorek z objektu HG-3 byl odebrán dně 28.3. 2013 v dopoledních hodinách přímo ze studny odběrným válcem. Následně byly na místě vyhodnoceny fyzikálně-chemické parametry vody. Redox-potenciál nebyl zjištěn z důvodu poruchy měřicího přístroje. Byla zjištěná vyšší koncentrace železa než je dovolena MH podle vyhlášky č. 252/2004 Sb.. Všechny údaje jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tab. 3 Naměřené hodnoty studny HG-3

Označení studny	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} [mg.l ⁻¹]
		Před filtry	Za filtry						
HG-3	kopaná	x		6	7,2	0,45	1,0		0,8

Studna HG-4

Kopaná studna z betonových skruží hluboká 3 m. Studna se využívá v sezonním období zejména v letních měsících pro pitné a užitkové účely.

Vzorek z objektu HG-4 byl odebrán dně 4.11. 2012 v dopoledních hodinách přímo ze studny odběrným válcem. Následně byly na místě vyhodnoceny fyzikálně-chemické parametry vody. Byla zjištěná vyšší koncentrace železa než je dovolena MH podle vyhlášky č. 252/2004 Sb.. Všechny údaje jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tab. 4 Naměřené hodnoty studny HG-4

Označení studny	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} [mg.l ⁻¹]
		Před filtry	Za filtry						
HG-4	kopaná	x		3	5,27	0,21	9,8	38	0,8

Studna HG-5

Kopaná studna z betonových skruží hluboká 3 m. Studna se využívá v sezonní období zejména v letních měsících pro pitné a užitkové účely.

Vzorek z objektu HG-5 byl odebrán dně 4.11. 2012 v dopoledních hodinách přímo ze studny odběrným válcem. Následně byly na místě vyhodnoceny fyzikálně-chemické

parametry vody. Byla zjištěná vyšší koncentrace železa než je dovolena MH podle vyhlášky č. 252/2004 Sb.. Všechny údaje jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tab. 5 Naměřené hodnoty studny HG-5

Označení studny	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} [mg.l ⁻¹]
		Před filtry	Za filtry						
HG-5	kopaná	x		4	6,54	0,39	12,8	42	5

Studna HG-6

Vrtaná studna vystrojená potrubím z PVC, DN 125 mm, osazené plastovou jímkou, ve vrtu je zapuštěné čerpadlo pro odběr vody do rodinného domu. Hloubka studny je 18 m. Studna se využívá po celý rok pro pitné a užitné účely.

Vzorek z objektu HG-6 byl odebrán dně 4.11. 2012 v dopoledních hodinách přímo z jímky čerpacím systémem, který byl součástí studny. Následně byly na místě vyhodnoceny fyzikálně-chemické parametry vody. Byla zjištěná vyšší koncentrace železa než je dovolena MH podle vyhlášky č. 252/2004 Sb.. Všechny údaje jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tab. 6 Naměřené hodnoty studny HG-6

Označení studny	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} [mg.l ⁻¹]
		Před filtry	Za filtry						
HG-6	vrtaná	x		18	6,36	0,4	10,9	20	1,2

Studna HG-7

Vrtaná studna s napjatou hladinou, ve vrtu je zapuštěné čerpadlo pro odběr vody do rodinného domu. Hloubka studny je 18 m. Studna se využívá po celý rok pro pitné účely.

Vzorek z objektu HG-7 byl odebrán dně 4.11. 2012 v dopoledních hodinách z drenážního potrubí, kterým voda z vrtu vytékala. Následně byly na místě vyhodnoceny fyzikálně-chemické parametry vody. Byla zjištěná vyšší koncentrace železa než je

dovolena MH podle vyhlášky č. 252/2004 Sb.. Všechny údaje jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tab. 7 Naměřené hodnoty studny HG-7

Označení studny	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} [mg.l ⁻¹]
		Před filtry	Za filtry						
HG-7	vrtaná	x		18	6,33	0,35	9,5	55	0,8 - 1

Studna HG-8

Kopaná studna z betonových skruží hluboká 13 m. Studna se využívá po celý rok pro pitné účely v rodinném domě.

Vzorek z objektu HG-8 byl odebrán dne 4.11. 2012 v dopoledních hodinách z kohoutku vodovodního potrubí, před kterým je filtr na odstranění mechanických nečistot ze studny. Následně byly na místě vyhodnoceny fyzikálně-chemické parametry vody. Koncentrace železa vyhovovala MH podle vyhlášky č. 252/2004 Sb.. Všechny údaje jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tab. 8 Naměřené hodnoty studny HG-8

Označení studny	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} [mg.l ⁻¹]
		Před filtry	Za filtry						
HG-8	vrtaná		x	13	6,1	0,53	11,9	73	0 - 0,1

Studna HG-9

Kopaná studna z betonových skruží, hloubka nebyla zjištěná. Studna se využívá po celý rok pro pitné účely v rodinném domě.

Vzorek z objektu HG-9 byl odebrán dne 4.11. 2012 v dopoledních hodinách z kohoutku vodovodního potrubí, před kterým je hrubý filtr na odstranění mechanických nečistot z vody. Následně byly na místě vyhodnoceny fyzikálně-chemické parametry vody.

Koncentrace železa vyhovovala MH podle vyhlášky č. 252/2004 Sb.. Všechny údaje jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tab. 9 Naměřené hodnoty studny HG-9

Označení studny	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} [mg.l ⁻¹]
		Před filtry	Za filtry						
HG-9	kopaná		x	-	6,64	0,22	13,2	-13	0,1

Studna HG-10

Kopaná studna z betonových skruží hluboká 3 m. Studna se využívá celoročně pro pitné a užitkové účely.

Vzorek z objektu HG-10 byl odebrán dně 4.11. 2012 v dopoledních hodinách přímo ze studny odběrným válcem. Následně byly na místě vyhodnoceny fyzikálně-chemické parametry vody. Koncentrace železa vyhovovala MH podle vyhlášky č. 252/2004 Sb.. Všechny údaje jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tab. 10 Naměřené hodnoty studny HG-10

Označení studny	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} [mg.l ⁻¹]
		Před filtry	Za filtry						
HG-10	kopaná	x		3	6,21	0,47	10,7	125	0,2

Studna HG-11

Kopaná studna z betonových skruží hluboká 4,5 m. Studna se využívá celoročně pro pitné a užitkové účely.

Vzorek z objektu HG-11 byl odebrán dně 4.11. 2012 v dopoledních hodinách z kohoutku vodovodního potrubí, před kterým je filtr na odstranění mechanických nečistot z vody. Následně byly na místě vyhodnoceny fyzikálně-chemické parametry vody. Koncentrace železa vyhovovala MH podle vyhlášky č. 252/2004 Sb.. Všechny údaje jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tab. 11 Naměřené hodnoty studny HG-11

Označení studny	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} [mg.l ⁻¹]
		Před filtry	Za filtry						
HG-11	kopaná		x	4,5	6,47	0,37	11,4	105	0,3

Studna HG-12

Kopaná studna z betonových skruží hluboká 6 m. Studna se využívá celoročně pro užitkové účely.

Vzorek z objektu HG-12 byl odebrán dně 4.11. 2012 v dopoledních hodinách z kohoutku vodovodního potrubí, před kterým je filtr na odstranění mechanických nečistot z vody. Následně byly na místě vyhodnoceny fyzikálně-chemické parametry vody. Koncentrace železa vyhovovala MH podle vyhlášky č. 252/2004 Sb.. Všechny údaje jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tab. 12 Naměřené hodnoty studny HG-12

Označení studny	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} [mg.l ⁻¹]
		Před filtry	Za filtry						
HG-12	kopaná		x	6	6,1	0,2	15,5	74	0,1

Studna HG-13

Kopaná studna z betonových skruží hluboká 9 m. Studna se využívá celoročně pro pitné a užitkové účely v rodinném domě.

Vzorek z objektu HG-13 byl odebrán dně 4.11. 2012 v dopoledních hodinách přímo ze studny odběrným válcem. Následně byly na místě vyhodnoceny fyzikálně-chemické parametry vody. Koncentrace železa vyhovovala MH podle vyhlášky č. 252/2004 Sb.. Všechny údaje jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tab. 13 Naměřené hodnoty studny HG-13

Označení studny	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} [mg.l ⁻¹]
		Před filtry	Za filtry						
HG-13	kopaná	x		9	6,54	0,41	11,9	102	0,1

Studna HG-14

Vrtaná studna vystrojená PVC potrubím DN 125 mm, osazené plastovou jímkou, ve vrtu je zapuštěné čerpadlo pro odběr vody do rodinného domu. Hloubka studny je 26 m. Studna se využívá po celý rok pro pitné a užitné účely.

Vzorek z objektu HG-14 byl odebrán dně 4.11. 2012 v dopoledních hodinách 2 krát. Jednou z kohoutku vodovodního potrubí, před kterým je filtr na odstranění mechanických nečistot z vody a po druhé přímo z jímky před filtrem čerpacím systémem, který byl součástí studny. Následně byly na místě vyhodnoceny fyzikálně-chemické parametry vody. Rozdíl byl jen ve vyšší teplotě a pH vody v potrubí. U obou byla zjištěná vyšší koncentrace železa než je dovolena MH podle vyhlášky č. 252/2004 Sb.. Všechny údaje jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tab. 14 Naměřené hodnoty studny HG-14

Označení studny	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} [mg.l ⁻¹]
		Před filtry	Za filtry						
HG-14	vrtaná		x	26	6,57	0,3	13,2	12	0,8
HG-14	vrtaná	x		26	6,92	0,3	10,5	11	0,8

Studna HG-15

Vrtaná studna vystrojená potrubím z PVC, DN 125 mm, osazené plastovou jímkou, ve vrtu je zapuštěné čerpadlo pro odběr vody. Hloubka studny je 18 m. Studna se využívá v sezonním období přes víkendy pro pitné a užitné účely.

Vzorek z objektu HG-15 byl odebrán dně 4.11. 2012 v dopoledních hodinách z kohoutku vodovodního potrubí, před kterým je filtr na odstranění mechanických nečistot

z vody. Následně byly na místě vyhodnoceny fyzikálně-chemické parametry vody. Byla zjištěna vyšší koncentrace železa než je dovolena MH podle vyhlášky č. 252/2004 Sb.. Všechny údaje jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tab. 15 Naměřené hodnoty studny HG-15

Označení studny	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} [mg.l ⁻¹]
		Před filtry	Za filtry						
HG-15	vrtaná		x		5,28	0,22	13,1	18	0,8

Studna HG-16

Kopaná studna z betónových skruží hluboká 6 m. Studna se využívá celoročně pro užitkové účely.

Vzorek z objektu HG-16 byl odebrán dně 4.11. 2012 v dopoledních hodinách z kohoutku vodovodního potrubí, před kterým je filtr na odstranění mechanických nečistot z vody. Následně byly na místě vyhodnoceny fyzikálně-chemické parametry vody. Koncentrace železa vyhovovala MH podle vyhlášky č. 252/2004 Sb.. Všechny údaje jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tab. 16 Naměřené hodnoty studny HG-16

Označení studny	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} [mg.l ⁻¹]
		Před filtry	Za filtry						
HG-16	kopaná	x		6	5,3	0,27	10,6	192	0,3

Studna HG-17

Vrtaná studna vystrojená potrubím z PVC, DN 125 mm, osazené plastovou jímkou, ve vrtu je zapuštěné čerpadlo pro odběr vody do rodinného domu. Hloubka studny je 20 m. Studna se využívá po celý rok pro pitné a užitné účely.

Vzorek z objektu HG-6 byl odebrán dně 4.11. 2012 v dopoledních hodinách přímo z jímky čerpacím systémem, který byl součástí studny. Následně byly na místě

vyhodnoceny fyzikálně-chemické parametry vody. Byla zjištěná vyšší koncentrace železa než je dovolena MH podle vyhlášky č. 252/2004 Sb.. Všechny údaje jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tab. 17 Naměřené hodnoty studny HG-17

Označení studny	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} [mg.l ⁻¹]
		Před filtry	Za filtry						
HG-17	vrtaná	x		20	6,29	0,32	10,6	22	4-5

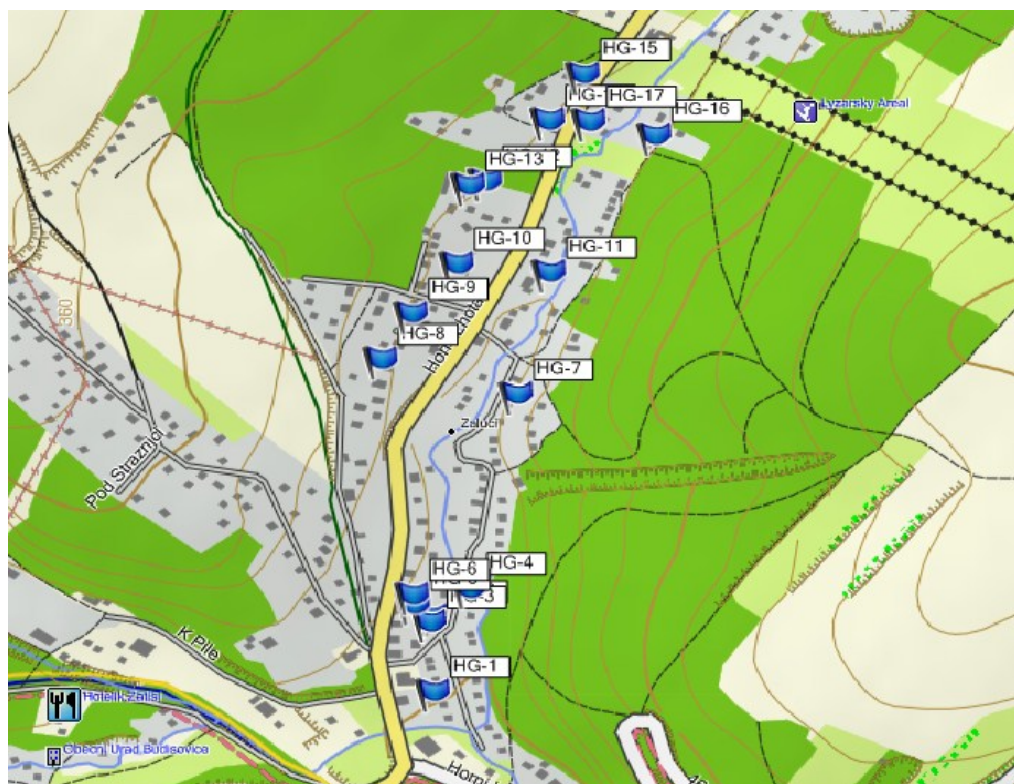
5.2. Celkové zhodnocení studní v dané lokalitě

Odběr a analýza vody byla provedena celkem u 17 studní, z nich bylo 7 vrtaných a 10 kopaných. Zjistil jsem, že v 10 studních, z toho 7 vrtaných a 3 kopané, mělo zvýšenou koncentraci celkového železa než dovoluje MH podle vyhlášky č.. 252/2004 Sb. kterým se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Součástí studní byl filtr na odstranění mechanických nečistot (zákaly, písek), který neovlivňuje vodu chemicky a bakteriologicky. Jelikož se železo vyskytuje v podzemní vodě, které má bezkyslíkaté prostředí v rozpuštěné formě, tyto filtry v podstatě nemají žádný vliv na jeho zachycení. Toho je důkazem měření u studny HG-14, kde byly odebrané vzorky vody v jímce před filtrem a v rodinném domě za filtrem z vodovodního kohoutku, u obou byla koncentrace železa stejná. U studny HG-17, která patří mezi nejstarší vrtané studny se vyskytuje nejvyšší koncentrace železa. Většinou se tyto studny nacházely v oblasti údolí vodního toku Porubka. Naopak u studní HG-8 až HG-13 se vyskytovaly nízké koncentrace železa splňující MH podle vyhlášky č.. 252/2004 Sb. Tyto studny se nacházely v západní části lokality Zátíší.

V uvedené tabulce tab.18 jsou shrnuty všechny naměřené hodnoty. Na mapě obr.12 jsou vyznačené polohy měřených studní pro celou oblast.

Tab. 18 Naměřené hodnoty studní

Označení	Druh studny	Odběr		Hloubka studny [m]	pH	Vodivost [mS]	Teplota [°C]	Redox [Rmv]	Fe _{celkové} (mg.l ⁻¹)
		před filtry	za filtry						
HG-1	vrtaná	x		8	6,4	0,45	10,8	18	0,8
HG-2	vrtaná	x		20	6,86	0,41	9,4	-	0,8-1,2
HG-3	kopaná	x		6	7,2	0,45	1,0	-	0,8
HG-4	kopaná	x		3	5,27	0,21	9,8	38	0,8
HG-5	kopaná	x		4	6,54	0,39	12,8	42	5
HG-6	vrtaná	x		18	6,36	0,4	10,9	20	1,2
HG-7	vrtaná	x		18	6,33	0,28	9,5	55	0,8 - 1
HG-8	kopaná		x	13	6,1	0,53	11,9	73	0 - 0,1
HG-9	kopaná		x	-	6,64	0,22	13,2	-13	0,1
HG-10	kopaná	x		3	6,21	0,47	10,7	125	0,2
HG-11	kopaná	x	x	4,5	6,47	0,37	11,4	105	0,3
HG-12	kopaná		x	6	6,1	0,2	15,5	74	0,1
HG-13	kopaná	x		9	6,54	0,41	11,9	102	0,1
HG-14	vrtaná		x	26	6,57	0,3	13,2	12	0,8
HG-14	vrtaná	x		26	6,92	0,3	10,5	11	0,8
HG-15	vrtaná		x	-	5,28	0,22	13,1	18	0,8
HG-16	kopaná	x		6	5,3	0,27	10,6	192	0,3
HG-17	vrtaná	x		20	6,29	0,32	10,6	22	4-5



Obr. 12 Mapa měřených studní celá oblast



Obr. 13 Mapa měřených studní dolní část



Obr. 14 Mapa měřených studní horní část

ZÁVĚR

Cílem práce bylo zmonitorovat celkovou koncentraci železa ve vymezeném území v obci Horní Lhota - lokalita Zátíší. Tato část obce, která je rekreační oblastí není připojena na vodovodní řád. Do této lokality se mnoho lidí stěhuje natrvalo, proto je důležitá kvalita vody, kterou odebírají. V této oblasti mají obyvatelé a majitelé nemovitostí problém se zvýšenou koncentrací železa ve vodě ve studnách. Používání takové vody na užitkové a provozní účely, způsobuje vysrážený hydroxid železitý technické závady na potrubí, domácích spotřebičích, při čištění vytváří povlaky na chodnicích, v bazénech atp. Z odběrů a analýzy vzorků podzemní vody ze studní se zjistilo, že největší koncentrace železa se nachází v horní části lokality, kde výsledky dosahovaly až do 5 mg.l^{-1} . Obvykle se koncentrace železa pohybovaly konstantně okolo $0,8 \text{ mg.l}^{-1}$, což přesahuje mezní hodnotu podle vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterým se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a počet a rozsah kontroly pitné vody.

Podle dosažených výsledků odběrů, se studny ze zvýšenou koncentrací železa nacházely v oblasti údolí vodního toku Porubka. Studny s vyhovující hodnotou koncentrace železa podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. se nacházely v západní části území.

Předpokládá se, že zvýšená koncentrace železa v této lokalitě je dáno přirozeným geochemických pozadím ve zvodních kulmských hornin a jejich zvětralinového pláště v širší oblasti Nízkého Jeseníku.

Jediné používané filtry na čištění vody byly filtry na odstranění mechanických nešostot, které byly součástí studní. Jelikož se železo v podzemních vodách vyskytuje v rozpuštěné formě, tyto filtry nezabrání jeho šíření do vodovodního potrubí v domácnosti. Nebyly zjištěny žádné domácí úpravny vod, což by bylo jedním z řešení při této problematice.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Informace poskytnuté obecním úřadem v Horní Lhotě.
- [2] *Turistická mapa ČR*. 2013. [online]. [cit. 2013-04-14]. Dostupné z WWW: mapy.cz
- [3] Czudek T. a kol., *Geomorfologické členění ČSR*: Studia. geogr. 23. Brno: Geografický ústav ČSAV. 1972. 137 stran.
- [4] Quitt E., *Klimatické oblasti Československa*. Brno: Geografický ústav ČSAV. 1971. 73. stran.
- [5] *Hydroekologický informační systém VÚV TGM*. 2013. [online]. [cit. 2013-04-14]. Dostupné z WWW: <http://heis.vuv.cz/>
- [6] *Hydrogeologická mapa ČR*. 1:50 000. Ostrava: Český geologický ústav. 1991. 15-43.
- [7] Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) se změnami: 76/2002 Sb., 320/2002 Sb., 274/2003 Sb., 20/2004 Sb., 413/2005 Sb., 444/2005 Sb., 222/2006 Sb., 342/2006 Sb., 186/2006 Sb., 25/2008 Sb., 167/2008 Sb., 181/2008 Sb., 157/2009 Sb., 227/2009 Sb., 281/2009 Sb., 150/2010 Sb., 77/2011 Sb., 151/2011 Sb., 85/2012 Sb., 350/2012 Sb., 501/2012 Sb.
- [8] Krásný J. et al. *Podzemní vody České republiky*. Česká geologická služba. 2012. 1144 stran. ISBN 978-80-7075-797-0.
- [9] Strnadová N., Janda V., *Technologie vody I*. 2. přeprac. vydání. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1999. 226 s. ISBN 80-7080-348-7.
- [10] Zelinka. Z., *Studny*. 3. vydání. Brno: Vydavatelství ERA. 2008. 88 stran. ISBN 978-80-7366-122-9.
- [11] Herzán M., *Studny: zásady pro vyhledávání zdrojů podzemní vody*. 1. vydání. Praha: BEN – technická literatura. 2008. 94 stran. ISBN 978-80-7300-188-9.

- [12] Hájek & Adam, *Čištění studní - asanace studny - čištění vodního zdroje*. 2013. [online]. [cit. 2013-04-24]. Dostupné z WWW: <http://www.zavlazujte.cz/cisteni-studni-asanace-studny.html>
- [13] Ondrejkočová I. a kol., *Pokroky v chémii a biológii – vyššia kvalita života*. Bratislava: Slovenská technická univerzita. 2008. 98 stran. ISBN 978-80-227-2932-1.
- [14] Pitter P., *Hydrochemie*. 4. vydání . Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha. 2009. 592 stran. ISBN 978-80-080-701-9.
- [15] Malý J., Malá J., *Chemie a technologie vody*. Brno: NOEL 2000 s.r.o. 1996. 200 stran. ISBN 80-86020-13-4.
- [16] Žáček L., *Příručka pro kontrolu a řízení provozu úpraven vody*. Praha: STNL Nakladatelství technické literatury. 1988. 176 stran.
- [17] Deed M., *Iron bacteria*. 2010. [online]. [cit. 2013-04-09]. Dostupné z WWW: http://www.waterboredevelopers.com.au/Equipment_Integration-Iron_Bacteria.htm .
- [18] World Health Organization, *Iron in Drinking-water*. 2008. [online]. [cit. 2013-04-10]. Dostupné z WWW: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/iron.pdf .
- [19] BBC – Health, *Iron deficiency anaemia*. 2011. [online]. [cit. 2013-04-10]. Dostupné z WWW: http://www.bbc.co.uk/health/treatments/healthy_living/nutrition/dietary_iron.shtml .
- [20] Blair J., *Well Water Iron Toxicity Symptoms*. 2013. [online]. [cit. 2013-04-10]. Dostupné z WWW: http://www.ehow.com/list_7588369_well-water-iron-toxicity-symptoms.html .
- [21] Vokurka M., *Železo a lidský organismus*. 2013. [online]. [cit. 2013-04-10]. Dostupné z WWW: <http://www.martinvokurka.cz/> .

[23] Zelinka Z., Formánek Z. *Stavíme úpravny vody*. 1. vydání. Brno: Vydavatelství ERA. 2005. 66 stran. ISBN 80-7366-036-9.

[24] Michek V., Daříčková A. *Upravujeme vodu doma a na chatě*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s. 2007. 104 stran. ISBN 978-80-247-1546-9.

[25] Barloková D., Ilavský J., *Removal of Iron and Manganese from Water Using Filtration by Natural Materials*. 2010. [online]. [cit. 2013-04-11]. Dostupné z WWW: <http://www.pjoes.com/pdf/19.6/1117-1122.pdf>

[26] Soják L., Chmielewska E., Krištín J., Kubinec R., Mátel J., *Monitoring kontaminácie životného prostredia*. 2002, [online]. [cit. 2013-04-07]. Dostupné z WWW: http://www.fns.uniba.sk/uploads/media/Monitoring_kontaminacie_zivotneho_prostredia.pdf.

[27] LABTECH, *Odběr podzemní vody, 2013* [online]. [cit. 2013-04-14]. Dostupné z WWW: <http://www.labtech.eu/odber-podzemni-vody/p248>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Poloha sledované lokality – Zátíší [2]	2
Obr. 2 Studna vrtaná [12]	10
Obr. 3 Studna kopaná [12]	11
Obr. 4 Diagram rozpustnosti $\text{Fe}(\text{OH})_2$ [15]	13
Obr. 5 Diagram rozpustnosti systému $\text{Fe}(\text{II}) - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ [15]	14
Obr. 6 Diagram rozpustnosti $\text{Fe}(\text{OH})_3$ [15]	14
Obr. 7 Diagram oblastí převažující existence forem železa v systémů	15
Obr. 8 Časový průběh rychlosti oxidace Fe_{2+} vzdušným kyslíkem při různých hodnotách pH (za normálního tlaku vzduchu) [15]	16
Obr. 9 Kolorimetrický test Merck Fe microquant 1.14759.0001	25
Obr. 11 Odběr vzorku z kopané studny	26
Obr. 10 Analýza vzorků v teréne	26
Obr. 12 Mapa měřených studní celá oblast	36
Obr. 13 Mapa měřených studní dolní část	37
Obr. 14 Mapa měřených studní horní část	37

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Naměřené hodnoty studny HG-1	27
Tab. 2 Naměřené hodnoty studny HG-2	27
Tab. 3 Naměřené hodnoty studny HG-3	28
Tab. 4 Naměřené hodnoty studny HG-4	28
Tab. 5 Naměřené hodnoty studny HG-5	29
Tab. 6 Naměřené hodnoty studny HG-6	29
Tab. 7 Naměřené hodnoty studny HG-7	30
Tab. 8 Naměřené hodnoty studny HG-8	30
Tab. 9 Naměřené hodnoty studny HG-9	31
Tab. 10 Naměřené hodnoty studny HG-10	31
Tab. 11 Naměřené hodnoty studny HG-11	32
Tab. 12 Naměřené hodnoty studny HG-12	32
Tab. 13 Naměřené hodnoty studny HG-13	33
Tab. 14 Naměřené hodnoty studny HG-14	33
Tab. 15 Naměřené hodnoty studny HG-15	34
Tab. 16 Naměřené hodnoty studny HG-16	34
Tab. 17 Naměřené hodnoty studny HG-17	35
Tab. 18 Naměřené hodnoty studní	36